

FACULTE MIXTE
DE
MÉDECINE GÉNÉRALE ET COLONIALE ET DE PHARMACIE
DE MARSEILLE

N° 69

CONTRIBUTION
à l'Étude des Modifications Pulmonaires
et Cardiovasculaires
survenant au cours de la pratique aéronautique

THESE

présentée et publiquement soutenue devant la Faculté de Médecine Générale et Coloniale
et de Pharmacie de Marseille

Le Août 1940
PAR

GEORGES-THÉOPHILE PATHÉ

Né le 6 Novembre 1911, à Magdebourg (Allemagne)

POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR EN MEDECINE

Examineurs de la Thèse	{	MM. Lucien CORNIL, <i>Doyen.</i>	{	<i>Assesseurs.</i>
		MERCIER,		
		MALMEJAC,		
		AUDIER,		

MARSEILLE
IMPRIMERIE ANT. GED
48, RUE PARADIS

1940



Digitized by the Internet Archive
in 2026

**CONTRIBUTION A L'ÉTUDE
DES
MODIFICATIONS PULMONAIRES
ET CARDIOVASCULAIRES
SURVENANT AU COURS
DE LA PRATIQUE AÉRONAUTIQUE**

CONTRIBUTION
à l'Étude des Modifications Pulmonaires
et Cardiovasculaires
survenant au cours de la pratique aéronautique

THESE

présentée et publiquement soutenue devant la Faculté de Médecine Générale et Coloniale
et de Pharmacie de Marseille

Le Août 1940

PAR

GEORGES-THÉOPHILE PATHÉ

Né le 6 Novembre 1911, à Magdebourg (Allemagne)

POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR EN MEDECINE

Examineurs de la Thèse	{	MM. Lucien CORNIL, <i>Doyen.</i>	{	<i>Assesseurs.</i>
		MERCIER,		
		MALMEJAC,		
		AUDIER,		

MARSEILLE
IMPRIMERIE ANT. GED
48, RUE PARADIS

1940

PERSONNEL DE LA FACULTÉ MIXTE DE MÉDECINE GÉNÉRALE ET COLONIALE ET DE PHARMACIE DE MARSEILLE

Doyen : L. CORNIL

Assesseur : A. CHEVALLIER

Doyen honoraire : L. IMBERT

Professeurs honoraires : MOITESSIER, CASSOUTE

Chargés de Cours honoraires : TIAN, BRUN

Secrétaire : J. COMTE

Bibliothécaire : M^{lle} GEORGE

Professeurs :

Anatomie	CORSY
Anatomie pathol. et Pathol. expérimentale	CORNIL
Bactériologie	ROUSLACROIX
Chimie analytique et hydrologie	RIMATTEI
Chimie médicale	ROCHE
Clinique chirurgicale	FIOLLE
Clinique chirurgicale	BOURDE
Clinique exotique	HECKENROTH
Clinique des maladies nerveuses	ROGER
Clinique médicale	AUDIBERT
Clinique médicale	OLMER
Clinique médicale	MATTEI
Clinique médicale infantile	GIRAUD
Clinique obstétricale	VAYSSIÈRE
Clinique ophtalmologique	AUBARET
Clinique oto-rhino-laryngologique	BREMOND
Clinique urologique	CHAUVIN
Histoire naturelle	GABRIEL
Histologie	ROMIEU
Hygiène générale et coloniale	VIOLE
Médecine légale	MOSINGER
Parasitologie	JOYEUX
Pathologie interne	MONGES
Pharmacodynamie et matière médicale	F. MERCIER
Pharmacie	VIGNOLI
Physiologie	COTTE
Physique	CHEVALLIER
Thérapeutique	GAUJOUX
Stomatologie (Professeur sans chaire)	BELTRAMI
Physiologie (Professeur sans chaire)	MALMEJAC

Chargé de Cours

Clinique dermatologique	VIGNE
-------------------------------	-------

Agrégés en exercice

MM. J. PIERI	MM. POINSO	MM. FIGARELLA	MM. CHOSSON
JAYLE	DUBOULOZ	SALMON	IMBERT
MOIROUD	SAUTET	PAILLAS	AUDIER
CARCASSONNE	BALANSARD	ARNOUX	DOR
BERTHIER	BRAHIC	DELPHAUT	RECORDIER

Agrégé libre

M. QUINTARET

Chargés des fonctions d'agrégé

Chimie médicale	DERRIEN
-----------------------	---------

Chargés de Cours complémentaires

Anatomie descriptive et topographique	SALMON
Chimie minérale	ARNOUX
Médecine du travail	PERIOT
Médecine opératoire	DOR
Microbiologie	QUINTARET
Obstétrique	CHOSSON
Pharmacodynamie aux Pharmaciens	DELPHAUT
Psychiatrie	ALLIEZ
Toxicologie	GUILLOT



A MA MERE

A MON PERE

*Qu'ils puissent trouver dans ce
modeste travail une bien faible
expression de mon affection filiale
pour tous leurs efforts et tous les
sacrifices qu'ils s'imposèrent.*

A MA SŒUR

A MES AMIS

A Monsieur le Professeur Lucien CORNIL
*Doyen de la Faculté Mixte de Médecine
et de Pharmacie de Marseille*

Qui nous a fait l'honneur d'accepter la présidence de cette thèse. Qu'il trouve ici l'hommage de notre respectueuse reconnaissance et de notre profonde gratitude.

A MON JURY DE THESE

A Monsieur le Professeur Louis MERKLEN
*Professeur d'Hydrologie Thérapeutique
et de Climatologie
Directeur de l'Institut Régional
d'Education Physique de l'Université*

En témoignage de notre respectueuse reconnaissance pour l'intérêt qu'il a bien voulu nous témoigner en des moments difficiles.

A Monsieur le Professeur agrégé GRANDPIERRE
Professeur agrégé de Physiologie

Nous le prions de croire à notre reconnaissance respectueuse pour l'aide importante qu'il voulut bien nous apporter à la rédaction de ce travail.

Il en a inspiré le sujet et fourni les éléments. Nous ne saurions trop lui exprimer ici toute notre profonde gratitude.

A MES MAITRES DES HOPITAUX DE PARIS

Stages :

Monsieur le Professeur Marcel LABBE (*in memoriam*)

Monsieur le Professeur Pierre DUVAL

Monsieur le Professeur Agrégé MONIER-VINARD

Externat :

Monsieur le Professeur Agrégé Antoine BASSET

Monsieur le Professeur OMBREDANNE

Monsieur le Professeur Marcel LABBE (*in memoriam*)

Monsieur le Professeur Agrégé Raoul BOULIN

A MES MAITRES DES HOPITAUX DE NANCY,

Au Médecin-Capitaine Paul GROGNOT

*Qui nous a guidé dans nos devoirs
de médecin-militaire pendant les huit
premiers mois de guerre. En témoi-
gnage de notre entier dévouement.*

PLAN

INTRODUCTION.

I. — RAPPEL DES EFFETS PHYSIOPATHOLOGIQUES DES VOLS EN AVION.

II. — MODIFICATIONS PULMONAIRES ET CARDIO-VASCULAIRES DURABLES CHEZ L'AVIATEUR.

- 1) *Modifications pulmonaires.*
- 2) *Modifications cardiaques.*
- 3) *Modifications de la fréquence du pouls et modifications de la tension artérielle.*
- 4) *Parallélisme avec les modifications pulmonaires et cardio-vasculaires chez le sportif entraîné.*

III. — CONCLUSIONS.

INTRODUCTION

La pathologie aéronautique s'est considérablement enrichie ces dernières années et les manifestations tant physiologiques que cliniques provoquées par le vol ont fait l'objet de nombreux travaux et recherches.

Toutefois, il nous a semblé que les troubles durables de l'appareil pulmonaire et cardio-vasculaire chez l'aviateur au repos n'avaient peut-être pas suffisamment retenu l'attention.

Aussi nous a-t-il paru intéressant d'essayer de faire une étude d'ensemble de ces phénomènes.

Affecté comme médecin d'une Compagnie de l'Air, dès le début de la guerre, nous avons été frappé par certaines modifications pulmonaires et cardio-vasculaires durables chez l'aviateur. L'organisme de l'aviateur entraîné présente des caractères bien particuliers et nous essayerons d'en discuter au cours de ce travail la valeur adaptative éventuelle. Il serait, certes, bien téméraire de vouloir résoudre le problème. Les modifications pulmonaires et cardio-vasculaires chez l'aviateur au cours de la carrière aéronautique sont-elles des accommodations de nature durable ou conduiraient-elles progressivement à l'incapacité au vol ?

Nous n'avons pas la prétention de résoudre cette question si complexe et si controuvée, au cours d'un travail que les circonstances ont voulu plus restreint et plus incomplet encore que nous l'aurions voulu nous-même.

A l'aide des études faites antérieurement sur ce sujet principalement par MM. GRANDPIERRE et GROGNOT et de quelques observations personnelles, nous nous efforçons d'apporter ici quelques éléments, qui, tout en étant bien modestes, contribueront, pensons-nous, à la compréhension de la physiopathologie de l'aviateur.

Nous diviserons cet exposé en trois parties.

Dans une première partie, nous rappellerons les effets physiopathologiques des vols en avion : manifestations immédiates et manifestations tardives sur une partie desquelles nous voulons insister au cours de cette étude.

Dans la seconde partie, nous étudierons les modifications pulmonaires et cardio-vasculaires que l'on peut observer chez l'aviateur examiné en période de repos et nous apporterons les statistiques de MM. GRANDPIERRE et GROGNOT que ces auteurs ont bien voulu nous autoriser à publier. Nous les ferons suivre de quelques statistiques personnelles et nous essayerons surtout d'en tirer quelques considérations sur la valeur adaptative éventuelle.

Enfin, nous nous efforcerons de tirer de cet ensemble les conclusions.

L'on sait combien la technique, et, à l'heure présente, la technique de l'aéronautique plus que tout autre, met continuellement la médecine devant des problèmes nouveaux. Médecine et technique doivent travailler parallèlement, elles doivent s'entr'aider et nombreux sont les exemples où les recherches, les travaux et les découvertes de l'une ont permis les réalisations les plus osées de l'autre. L'aviation, plus que tout autre arme de la guerre actuelle, avec ses exigences de plus en plus grande, lance un appel impérieux à la médecine. C'est à la médecine qu'appartient de reculer chaque fois davantage les limites des possibilités physiologiques de l'organisme

humain. C'est à elle qu'il appartient d'étudier et de surveiller toutes les réactions de l'organisme aux exigences accrues de la technique et d'en tirer les conséquences pratiques. Ainsi, elle mettra l'homme à l'abri d'une défaillance qui pourrait lui être fatale et qui serait, en lui imposant des limites, fatale au progrès technique lui-même.

Si ce modeste travail peut rassembler et attirer l'attention sur quelques-uns des aspects du problème si complexe et si particulier de la physiologie de l'aviateur, il aura atteint son but.

CHAPITRE PREMIER

I. - EFFETS PHYSIOPATHOLOGIQUES DES VOLS EN AVION

L'aviation, et surtout l'aviation de guerre, avec ses obligations impérieuses : vitesse, plafond, manœuvres acrobatiques, entraîne un comportement, une adaptation physiologique de plus en plus rapide, de plus en plus complexe, de l'aviateur.

Et, tout d'abord, nous voudrions montrer, dans une brève revue d'ensemble, les différents tableaux pathologiques traduisant la défaillance de cette adaptation : incidents ou accidents qui vont modifier d'une façon plus ou moins profonde la physionomie organique de l'aviateur au cours de sa carrière.

Ces troubles, bien étudiés cliniquement par les auteurs tant français qu'étrangers, peuvent se schématiser en :

- Mal de l'air ;
- Mal de l'aviateur.

LE MAL DE L'AIR

La naupathie de LAIGNEL-LAVASTINE est homologue du mal de mer.

Ses troubles : salivation, vomissements, sueurs, pâleur intense, sont dus à un déséquilibre vago-sympathique dont le primum movens est vraisemblablement l'excitation anormale de l'appareil otolithique de l'oreille, encore que d'autres facteurs : cénesthésiques, sensoriels, psychiques, interviennent.

C'est avant tout le mal du néophyte, du passager, alors que le pilote l'ignore ; de plus, il est essentiellement transitoire et, dès le retour au sol, il disparaît sans séquelles. C'est dire qu'il ne nous retiendra pas et que nous en viendrons tout de suite au mal de l'aviateur.

LE MAL DE L'AVIATEUR

S'oppose point par point au mal de l'air :

- Par ses conditions d'apparition ;
- Par ses manifestations cliniques ;
- Par son pronostic immédiat et lointain.

Par ses conditions d'apparition :

Alors que le mal de l'air peut se voir même dans le pacifique avion de ligne, le mal de l'aviateur est fonction :

- De l'altitude ;
- Des accélérations rectilignes et surtout angulaires.

Bien que toutefois on soit obligé de faire une place, et d'importance, à la tolérance individuelle.

Comment agissent ces différents facteurs ?

C'est ce que nous voudrions montrer très succinctement, leur étude ayant fait l'objet de nombreux travaux que nous ne saurions reprendre dans ce court aperçu.

Et d'abord L'ALTITUDE.

Elle a pour corollaires :

- La dépression ;
- L'anoxhémie ;
- Le froid.

A mesure que l'on s'élève, *la pression atmosphérique diminue* suivant une courbe assez régulière ; de 760 m/m de Hg. au sol, elle n'est plus que de 266 environ à 8.000 mètres.

D'où un accroissement, qui peut être considérable, de la contre-pression interne, surtout des organes creux : oreille moyenne, tractus gastro-intestinal, etc...

En même temps que baisse la pression atmosphérique se produit de *l'anoxhémie*.

Certes, la proportion volumétrique de l'O² dans l'air reste constante à toute altitude (21 pour 100) ; mais la tension partielle d'O², donnée par la formule :

$$T = \frac{\text{Pression barométrique} \times 21}{100}$$

et de laquelle dépend partiellement la vitesse d'absorption de l'O² par l'hémoglobine décroît progressivement. L'expérience montre que pour un état physico-chimique normal du sang, la moindre baisse au-dessous de 85 m/m de Hg. de la tension en O² amène une diminution considérable de l'oxyhémoglobine, d'où insuffisance d'irrigation des tissus.

De plus, se déclenche une hyperventilation réflexe, qui entraîne une baisse de la tension partielle en CO², *une acapnie*.

Parallèlement à ces phénomènes, *le froid* intervient. Pour certains auteurs, il est une cause importante de

consommation supplémentaire d'oxygène, à un moment où l'organisme ne peut déjà plus se permettre aucun gaspillage. Toutefois, d'autres expérimentateurs, en particulier CHEVILLARD et A. MAYER et plus récemment HAMON, CHEVILLARD et A. MAYER (1937), ont montré que son rôle semble avoir été surestimé et nous voudrions rappeler à ce propos les conclusions des travaux de GRANDPIERRE et Marc SAGUES, qui ont vu que « pour des températures nettement supérieures à celles de la neutralité thermique, la dépression est très mal supportée par les animaux ». Ainsi, semble-t-il, qu'il est préférable pour l'aviateur de ne pas s'exposer à l'altitude avec un appareil qui le maintient à une température supérieure à sa neutralité thermique.

Comme nous le voyons, l'altitude entraîne des perturbations physiologiques importantes, mais elle n'est pas seule à intervenir dans la genèse des troubles de l'aviateur.

En effet, loin d'être soumise à un mouvement uniforme, la marche d'un avion moderne n'est faite que d'une succession d'ACCÉLÉRATIONS et de ralentissements; quant à l'attaque et à la défense, elles obligent à une série d'acrobaties : virages serrés, piqués, loopings, ressources, etc... Les effets physiologiques des accélérations ont fait l'objet d'une récente étude d'ensemble de BERGERET.

Ces accélérations rectilignes ou angulaires se mesurent en multiples de l'accélération due à la pesanteur g .

Elles entraînent seules des perturbations d'ordre mécanique sur le système hydraulique : la circulation, et sur l'appareil vestibulaire.

Le critère semble être l'apparition « du voile noir » devant les yeux. Dans le sens tête siége (cas le plus habituel), ces accélérations sont supportées jusqu'à un seuil de 4 à 5 g ., réalisé par vrille, looping, tonneau, etc.

Les *vibrations*, les *trépidations*, du moteur créent pour l'oreille « un éblouissement acoustique » ; les *odeurs* émanées du moteur ajoutent encore leurs effets pour déclencher le mal de l'aviateur.

Encore que celui-ci soit en partie subordonné à la *tolérance individuelle*, qui dépend de la valeur réactionnelle de l'appareil cardio-vasculaire, de la sangle abdominale, de l'excitabilité labyrinthique, compte tenu de l'action défavorable du travail musculaire.

Les manifestations cliniques qu'engendrent ces différents facteurs sont bien différentes du mal de l'air. Elles ont été bien résumées dans « L'Aide-Mémoire du Médecin de l'Armée de l'Air en temps de guerre ».

On en distingue deux formes :

- Une forme aiguë ;
- Une forme chronique.

1° *Forme aiguë*. — « Elle se manifeste essentiellement pendant la montée. Jusqu'au *seuil*, individuellement variable entre 3.000 mètres et 5.000 mètres, on ne constate habituellement aucun symptôme pathologique : la tachycardie, la poussée d'hypertension artérielle qui atteint souvent 2 à 3 centimètres de mercure, le léger degré d'hyperpnée que l'on peut déceler surtout si la vitesse ascensionnelle est grande, témoignent simplement de *l'effort d'adaptation* de l'organisme à l'abaissement progressif de la tension partielle d'oxygène dans l'air inspiré (voir ci-dessous). Toutefois on peut noter, dès ce stade, au moindre effort musculaire, une fatigabilité plus grande, l'exagération de la tachycardie et l'apparition d'un « besoin d'air » subjectivement perçu. Quand le vol se prolonge à cette altitude ou légèrement au-dessus, l'aviateur présente, au lieu de l'aspect congestif qui s'observe souvent à la première

phase de l'ascension, le tableau caractérisé par la *cyanose* des paupières et des lèvres sur le fond *blafard* du visage : il n'en souffre pas, et il a fallu la présence de médecins à bord des multiplaces pour que ce symptôme soit précisé.

« A partir de l'altitude-seuil, les réactions d'adaptation ou de régulation ci-dessus décrites font place aux symptômes de *déficience fonctionnelle*. Le système nerveux central est, en général, touché le premier. Dans certains cas, sa défaillance se manifeste par des troubles de la perception et une incorrection des jugements dont on a rapporté des exemples célèbres : tel cet aviateur qui, patrouillant à haute altitude (sans inhalateur d'oxygène), se trouve soudain, au sortir d'un nuage, à proximité d'aviateurs ennemis, les prend pour des amis et les salue d'un geste fraternel..., tel encore ce bombardier qui lâche des projectiles en pleine zone amie, bien en-deçà des lignes...

« Puis la céphalée s'installe, la dépression intellectuelle est de plus en plus accentuée, dégénère en torpeur et en *syncope*.

« Dans d'autres cas, cette défaillance corticale est masquée par une véritable euphorie, dite « ivresse de l'altitude », excluant tout symptôme subjectif désagréable, mais brutalement interrompue par la perte totale de connaissance. L'avion tombe. Quelquefois le pilote reprend ses sens lorsqu'il arrive aux basses altitudes et réussit à atterrir tant bien que mal. Mais combien n'ont pas eu ce bonheur !

« D'autres sujets enfin souffrent surtout de céphalées, de nausées et de vomissements ; et l'on a pu noter une certaine tendance aux contractures, aux crampes, ou une maladresse assez caractéristique dans l'exécution des mouvements des doigts.

« A partir de 8 à 9.000 mètres, l'aviateur de grande altitude (qui inhale de l'oxygène) souffre parfois de distension abdominale douloureuse, avec gêne respiratoire, par dilatation des gaz abdominaux.

« Tous ces troubles disparaissent au cours de la descente, surtout ceux qui touchent le système nerveux et l'appareil respiratoire. Il est bon toutefois que la descente ne soit pas trop rapide ; sinon la tachycardie s'exagère et, si la perméabilité tubaire n'est pas parfaite, on voit survenir tous les troubles auriculaires sur lesquels il sera longuement insisté plus loin.

« Après l'atterrissage, on observe assez couramment une excitation nerveuse passagère avec loquacité (l'aviateur « explique le coup »), tremblement menu des extrémités, et exagération des réflexes tendineux ; chez certains sujets, persiste une céphalée légère avec dépression générale. Le besoin de sommeil après les vols prolongés est impérieux ».

2° *Forme chronique.* — « Si l'atteinte du mal des aviateurs dans sa forme aiguë reste isolée, elle n'entraîne aucune suite fâcheuse.

« Mais si les vols à haute altitude sans inhalation d'oxygène se répètent trop fréquemment (même sans donner lieu à des manifestations pathologiques immédiates), ou bien si l'aviateur qui vole tous les jours se maintient chaque fois à des altitudes voisines de son seuil, ou enfin s'il se spécialise dans les vols acrobatiques, on peut voir se développer un syndrome chronique que JOSUÉ appelait « asthénie des aviateurs », et auquel on réserve actuellement le nom de « forme chronique du mal des aviateurs ».

« Ce fut à l'origine un syndrome de guerre. Presque tous nos grands pilotes de l'époque héroïque des débuts de la chasse, après les grandes offensives où chacun

d'eux tenait l'air plusieurs heures par jour, patrouillant au-dessus des nuages, fonçant à plein moteur sur l'ennemi enfin découvert, ajoutant à la tension nerveuse de l'attente le choc émotionnel de la victoire remportée ou de la mort frôlée de près, presque tous ont connu, pour un temps plus ou moins long, la défaillance. Un commandant d'escadrille disait : « Quand un de mes pilotes jusque-là impeccable se met à atterrir mal, je sais qu'il ne faut plus insister : je l'envoie au repos ».

« Ce syndrome se rencontre également en temps de paix, chez certains spécialistes de l'acrobatie aérienne, certains pilotes de ligne, et aussi chez tel ou tel pilote qui par une sorte d'amour-propre estime son « seuil » supérieur à celui du commun des mortels et ne se conforme pas aux prescriptions réglementaires relatives à l'inhalation d'oxygène.

« Encore faut-il distinguer dans ces troubles deux degrés.

« Dans le premier, il ne s'agit encore que d'une fatigue intense qui se manifeste par une dépression générale avec nervosisme, augmentation de l'émotivité, loquacité, puis besoin de sommeil impérieux, hypertension artérielle après le vol se prolongeant de quelques heures à quelques jours.

« Au deuxième stade, les malades accusent une fatigue profonde avec inappétence, troubles digestifs, sommeil entrecoupé de cauchemars ; les céphalées sont fréquentes ; l'aviateur est abattu, morne, découragé, irritable. Il a perdu confiance en lui-même. Le pouls est affaibli, mou, irrégulier, le cœur présente un prolongement du premier bruit, avec tendance au dédoublement du second au foyer xyphoïdien ; la pression artérielle est basse, instable ; une hyperglobulie moyenne est souvent observée, accompagnée d'hypoglycémie. Le visage

prend un aspect spécial, il est amaigri avec teint plombé (masque de l'aviateur, de FERRY). »

Cette courte étude met en évidence que, si le pronostic du mal de l'air est essentiellement bénin, il n'en sera pas de même pour celui du mal de l'aviateur. Son pronostic immédiat est souvent grave et son pronostic lointain peut comporter une longue inaptitude aux vols.

Nous n'avons eu en vue, dans ce bref exposé, que de faire le cadre dans lequel nous voudrions placer et mettre en valeur les troubles pulmonaires et cardio-vasculaires, objet de cette thèse.

CHAPITRE II

II. - MODIFICATIONS PULMONAIRES ET CARDIO-VASCULAIRES DURABLES

1° MODIFICATIONS PULMONAIRES

C'est un article d'UDO SCHARRE dans la *Luftfahrt-medizin* qui a plus particulièrement attiré notre attention sur les modifications pulmonaires. Cet auteur avait été frappé, en comparant les résultats des examens de l'appareil pulmonaire sur le personnel navigant avant et après un an d'entraînement à la navigation aérienne, par une augmentation notable de la capacité vitale, allant de pair avec une augmentation de l' « amplitude thoracique », c'est-à-dire, de la différence entre le périmètre de l'inspiration forcée et celui de l'expiration forcée.

L'auteur indique pour la capacité vitale, chez l'aviateur entraîné, une moyenne de 5 à 6 litres ; pour la différence entre les périmètres de l'inspiration et de l'expiration forcées, une moyenne de 10 cm. et, pour le périmètre thoracique moyen, souvent plus de 95 cm.

Ces données ont plus particulièrement retenu notre attention par ce qu'elles ont de commun avec les résultats des nombreux travaux, tant français qu'étrangers, sur les modifications morphologiques et physiologiques qui sont à la base de l'acclimatation à la vie aux hautes altitudes.

Les travaux de V. JOURDANET tout d'abord, puis les recherches de P. BERT, VIAULT, MOSSO et HERRERA-VERGARA, ont montré qu'au point de vue morphologique l'homme acclimaté aux hautes altitudes est caractérisé par *l'énorme développement de son thorax*.

BARCROFT et ses collaborateurs (1923) ont trouvé, chez les sujets nés à une altitude élevée, une cage thoracique fortement élargie.

WEBER a constaté, sur des sujets sains ayant séjourné 3 à 12 mois à haute altitude, *une augmentation du périmètre thoracique* de un à deux centimètres.

C. MONGE a noté, lui aussi, chez les membres de son expédition dans les montagnes péruviennes, l'augmentation des diamètres antéropostérieur et latéral du thorax.

Enfin, il est fréquent que les médecins de sanatoriums d'altitude constatent l'augmentation du périmètre thoracique de leurs malades.

En raison des circonstances actuelles, nous n'avons pu faire un nombre suffisant de mesures de périmètres thoraciques sur le personnel navigant ; et surtout nous n'avons pu les comparer toutes avec celles prises à la visite d'incorporation, c'est-à-dire, avant la pratique aéronautique. Nous donnons néanmoins ci-dessous les quelques mesures comparatives que nous avons pu obtenir.

Nom	Age et date de début dans le P. N.	Nombre d'heures de vol en avril 1940	Périmètre thoracique à l'incorporation	Périmètre thoracique en avril 1940
A	31 ans - Décembre 1934.	236	91	100
A	21 ans - Avril 1937.	330	81	86
S	27 ans - Juillet 1936.	630	89	93
H	28 ans - Avril 1929.	1.460	89	91
R	26 ans - Octobre 1932.	880	91	97
L	30 ans - Mars 1927.	980	92	93
O	22 ans - Novembre 1936.	330	86	91

Nos chiffres montrent tous, en comparant les chiffres de la visite d'incorporation avec ceux d'avril 1940, *une augmentation notable du périmètre thoracique moyen.*

En ce qui concerne l'augmentation de *l'amplitude thoracique*, au cours de la pratique aéronautique, constatée par UDO SCHAAAR, nous n'avons pas pu la vérifier d'une façon suffisante, faute de données comparatives. Mais nous voyons que les quelques chiffres que nous avons pu obtenir indiquent en moyenne une différence de 8,8 cm., entre les périmètres thoraciques de l'inspiration et de l'expiration forcées.

Nom	Age et date de début dans le P. N.	Nombre d'heures de vol en avril 1940	Périmètre thoracique en inspiration forcée	Périmètre thoracique en expiration forcée	Différence entre les périmètres thoraciques
S	27 ans - Juillet 1936.	630	98	88	10
P	31 ans - Octobre 1932.	1.660	94	85	9
F	22 ans - Novembre 1937.	470	102	91	11
D	26 ans - Octobre 1932.	880	102	92	10
K	28 ans - 1931.	760	96	86	10
H	31 ans - Mars 1939.	1.600	101	92	9
R	29 ans - Février 1930.	1.300	101	92	9
P	37 ans - Octobre 1926.	2.530	104	94	10
B	21 ans - Novembre 1937.	306	92	86	6
H	21 ans - Avril 1938.	300	98	92	6
H	28 ans - 1930.	850	89	81	8
S	23 ans - 1935.	280	89	80	9
Z	26 ans - Octobre 1933.	930	99	90	9
Z	25 ans - 1935.	310	91	82	9

L'augmentation de l'amplitude thoracique chez l'aviateur présente également un certain parallélisme avec ce qui a été observé par de nombreux auteurs chez l'homme ayant séjourné aux grandes altitudes.

G. KUSS (1905) a fait, à l'observatoire Vallot (4.350 m., Mont Blanc), les constatations suivantes : lors d'un séjour prolongé en altitude, l'amplitude respiratoire augmente, alors que la fréquence respiratoire diminue.

D'ailleurs, d'après des observations antérieures de JOURDANET et de MERMOD (1877), la respiration chez les habitants des montagnes serait plus lente, mais, par contre, plus profonde que chez ceux de la plaine.

ZUNTZ et DURIG auraient constaté une augmentation tantôt de la fréquence, tantôt de l'amplitude respiratoire en altitude. Mais, dans l'ensemble, ils constatèrent, eux aussi, plus régulièrement une augmentation de l'amplitude, surtout pour des altitudes élevées.

Ainsi l'augmentation chez l'aviateur des périmètres thoraciques (que nous avons pu constater d'une façon constante) et l'augmentation de l'amplitude respiratoire (dont nous n'avons pas pu avoir des mesures comparatives suffisantes, mais qui nous paraît réelle), nous semblent être le résultat de modifications adaptatives de valeur.

Cette opinion est encore renforcée par *l'augmentation de la capacité vitale*.

M. MONGE signale que les membres de l'expédition, qui, à Lima, avaient une capacité vitale de 3 l. 500 ou au-dessous, furent beaucoup moins résistants que ceux qui avaient une capacité vitale supérieure à 4 litres.

Ce chiffre de 4 litres est dans la moyenne de ceux trouvés par R. GRANDPIERRE lors de mesures sur le personnel navigant au Centre Laboratoire Médico-Physiologique de l'Armée de l'Air, à N... Les circonstances

actuelles ne nous ont malheureusement pas permis d'effectuer des mesures de capacité vitale sur le personnel navigant. Mais les chiffres de 4 litres sont dans la bonne moyenne, et, si nous n'avons pu vérifier les chiffres de 6 litres indiqués par UDO SCHAAR, une capacité vitale élevée nous semble probable, surtout si l'on considère que le poumon possède une série de ressources dont il ne profite pas en temps ordinaire. Les exigences de la navigation aérienne font appel à ces ressources, surtout en ce qui concerne le tissu pulmonaire lui-même.

UDO SCHAAR, toujours en comparant les résultats des examens de l'appareil pulmonaire sur le personnel navigant avant et après un an d'entraînement à la navigation aérienne, avait remarqué que chez les sujets entraînés les *images radiographiques du thorax* montraient une grande clarté de l'image pulmonaire, dans laquelle se dessinait une très riche arborisation vasculaire.

Qu'une telle image pulmonaire laisse mieux apparaître l'arbre vasculaire, semble naturel, mais SCHAAR ne croit pas que ce soit là l'unique raison de ce dessin très visible de l'arbre vasculaire jusque dans ses plus petites ramifications. La radiographie rappelait beaucoup l'image de « l'hyperhémie », dans laquelle, en raison de l'engorgement sanguin, les vaisseaux deviennent très visibles.

Cette hyperhémie est aussi le résultat d'un des mécanismes les plus importants de compensation au déficit d'oxygène atmosphérique. Si, en effet, nous avons vu que l'augmentation des périmètres thoraciques et de l'amplitude respiratoire, ainsi que l'augmentation de la capacité vitale, peuvent être interprétées comme des modifications adaptatives durables d'une grande valeur chez l'aviateur entraîné, il convient de dire un mot sur *la fonction respiratoire du sang*; c'est là un facteur d'une

importance capitale dans la lutte contre l'anoxémie.

Le nombre des hématies, l'hémoglobine et la masse sanguine augmentent pendant la période adaptative lors d'un séjour aux hautes altitudes : BERT, JOURDANET, VIAULT, MOSSO, HALDANE, BARCROFT, ABDERHALDEN l'ont bien montré, d'abord par la spléno-contraction (BARCROFT, BINET), et puis par une suractivité hémopoïétique et du système réticulo-endothélial (MONGE, HURTADO, SUZMAN et BARRON).

Nous nous sommes borné à l'étude des modifications pulmonaires durables qui entraînent, comme nous venons de le voir, une augmentation des périmètres et de l'amplitude thoracique, une augmentation de la capacité vitale et de la masse sanguine pulmonaire, et par cela même une augmentation de la surface d'hématose.

Il apparaît dès lors, et cela surtout à la lumière des études de nombreux auteurs dont nous avons cité les travaux sur la physiopathologie du séjour à haute altitude, que ces modifications, si elles ne sont pas les seules, sont néanmoins un des facteurs luttant contre les accidents de l'axonémie et constituent par là même une adaptation durable aux exigences des vols. Nous avons, pour la clarté de l'exposé, séparé schématiquement l'étude des modifications pulmonaires de celles des modifications cardio-vasculaires. Mais il ne nous a pas échappé tout ce qu'il y a d'artificiel dans une telle division. La respiration et la circulation sont physiologiquement intimement liées, il est exceptionnel que des modifications interviennent dans l'une de ces fonctions physiologiques sans avoir des répercussions caractéristiques sur l'autre (D. CORDIER et C. HEYMANS).

Nous en rappellerons pour preuve, parce qu'ils touchent de près à la physiologie de la navigation aérienne, les résultats des recherches qui montrent que *l'anoxémie*

stimule le centre respiratoire par les voies vaso-sensibles réflexogènes et sinocarotidiennes.

G. BOUCHAERT et L. DAUTREBANDE (1931 et 1932) ont, en effet, montré que l'énervation des zones vaso-sensibles aortiques et sino-carotidiennes diminue, et même supprime parfois, les réactions respiratoires à l'anoxémie. Les travaux d'auteurs tels que SELLADARAI et WRIGHT (1932), WRIGHT (1934), C.-F. SCHMIDT (1932), GEMILL et REEVES (1933), GRANDPIERRE (1939), ont vérifié ces faits.

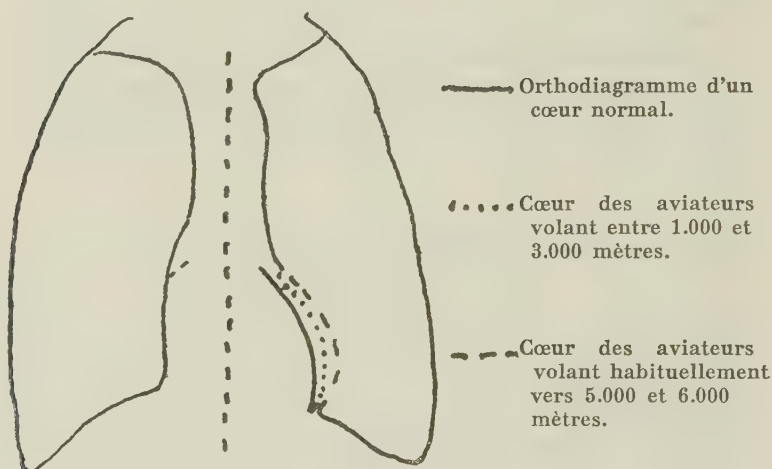
Certes, le besoin d'oxygène, comme l'ont montré YANDEL, HENDERSON et L.-A. GREENBERG (1934), excite aussi d'une manière directe le centre respiratoire, mais c'est l'action sur la zone vaso-sensible aortique et sino-carotidienne qui domine.

2° MODIFICATIONS CARDIAQUES

Cœur. — Le cœur de l'aviateur entraîné présente des modifications importantes.

Il n'est pas étonnant que cette interaction, sur laquelle nous avons attirée l'attention plus haut, entre le système pulmonaire et cardio-vasculaire trouve également son expression dans des modifications circulatoires durables. Dans leur communication à la Société de Biologie (séance du 14 juin 1919), G. ETIENNE et LAMY avaient attiré l'attention sur *l'hypertrophie du cœur* des aviateurs. Si dans l'ensemble de leurs observations, ils n'avaient pas vu de « gros cœur » à proprement parler, ils avaient néanmoins été frappés, à l'examen radiologique, d'une série de groupe de jeunes aviateurs, par des différences de forme de l'ombre cardiaque, selon l'altitude pratiquée. Intéressant à noter était le fait suivant : chez les aviateurs volant habituellement vers

5.000 et 6.000 mètres, l'hypertrophie constatée était beaucoup plus accentuée que chez les aviateurs de réglage volant habituellement entre 1.000 et 2.000 mètres. « Cette règle est telle — disent ces auteurs — qu'il nous est possible de départager des aviateurs sans erreur d'après l'aspect radiologique de leur cœur ». Ils présentent le schéma suivant, qui est particulièrement suggestif.



Dans les dossiers du Centre Laboratoire Médico-Physiologique de l'Armée de l'Air à N..., nous avons pu relever quelques observations signalant une *augmentation du volume du cœur*, qui semble bien être de règle chez les aviateurs entraînés. Ces observations ont été prises chez des aviateurs qui ne présentaient par ailleurs aucun trouble physiologique ni pathologique.

Nom	Age	Emploi	Nombre d'heures de vol (total)	
G. R.	38 ans	Pilote	3.600	<i>Tension artérielle : 13-8 (au Pachon)</i> <i>A la radioscopie :</i> <i>Cœur : Légère augmentation du diamètre</i> <i>transversal et basal.</i> <i>Electrocardiogramme : Normal.</i> <i>Sports pratiqués : Néant.</i>
L. M.	33 ans	Mitrailleur	1.200	<i>Tension artérielle : 15-7.</i> <i>Orthodiagramme : Augmentation des dia-</i> <i>mètres longitudinal et transversal. Le</i> <i>diamètre ventriculaire gauche atteint la</i> <i>limite supérieure normale.</i> <i>Electrocardiogramme : Normal.</i>
P. P.	46 ans	Pilote	2.000	<i>Radioscopie :</i> <i>Cœur : Dilatation ventriculaire gauche qui</i> <i>dépasse de 2 centimètres le maximum</i> <i>normal.</i> <i>Aorte : Normale.</i>
B. R.	24 ans	Mitrailleur	300	<i>Tension artérielle : 15-6.</i> <i>Orthodiagramme : Léger allongement hyper-</i> <i>trophique du ventricule gauche.</i> <i>Electrocardiogramme : Normal.</i>
L. R.	42 ans	Pilote civil	750	<i>Radioscopie : Hypertrophie des cavités</i> <i>gauches, sans dilatation du ventricule.</i>

Il nous a été impossible, en raison des circonstances actuelles, de compléter ces observations et surtout d'effectuer, comme nous voulions le faire, des mesures de débit sanguin sur le personnel navigant. Mais, comme pour les modifications pulmonaires, nous essayerons d'attirer l'attention, malgré la complexité des choses, sur l'intérêt du problème.

Rappelons quelques faits :

GROLLMANN, EWIG et HINSBERG ont insisté sur le rôle primordial du cœur pour l'adaptation au séjour aux hautes altitudes. D'après ces auteurs, 40 % de l'approvisionnement en oxygène des tissus en altitude est dû à *l'augmentation du volume minute*.

Cette augmentation du débit cardiaque apparaît comme encore plus favorable, si l'on admet, avec HALDANE et ses collaborateurs, qu'elle coïncide avec une *augmentation de la masse sanguine* (qu'ils avaient trouvée au Piker Peak (4.300 m.), augmentée de 10 à 20 %), et si l'on adopte en outre l'opinion de Paul BERT sur la modification (dans le sens d'une *augmentation*) *de la capacité de fixation de l'oxygène par le sang* lors de l'acclimatement aux hautes altitudes. « On pourrait se demander — dit cet auteur — si, par une compensation harmonique dont l'histoire naturelle nous offre bien des exemples, le sang serait devenu apte à absorber plus d'oxygène sous un même volume ».

L'augmentation de la masse, et surtout du débit, d'un tel sang pourrait être interprétée comme un effet heureux aux exigences des vols en altitudes.

SCHAAR avait été frappé, sur les radiographies pulmonaires, par la diminution de l'espace rétrocardiaque, sans que cela s'accompagne de manifestations cliniques de troubles pathologiques du cœur. L'électro-cardiogramme ne montrait jamais de lésion d'aucune sorte.

Il en a été de même pour les quelques cas d'augmentation du volume du cœur que nous avons relevés dans les dossiers du Centre Laboratoire Médico-Physiologique de l'Armée de l'Air à N... Nous pouvons éliminer une atteinte du muscle cardiaque et seule nous reste par conséquent à envisager une augmentation de volume due à une dilatation physiologique durable.

L'augmentation durable du volume du cœur sous l'effet d'un séjour en altitude avait déjà été remarquée et étudiée par BARCROFT et ses élèves. C'est à eux que nous devons nos principales connaissances à ce sujet et, en raison de leur concordance avec ce que nous avons trouvé chez l'aviateur, nous citerons les travaux de TAKENCHI, qui précisa le rôle de la diminution de la tension de l'oxygène atmosphérique sur le volume du cœur. Sur des chats placés dans un air pauvre en O² et dont le thorax était ouvert, cet auteur constata l'apparition d'une dilatation cardiaque aiguë.

LÆWY et MAYER (1926) purent observer les mêmes faits chez l'homme, par examens aux rayons X, après quelques minutes de respiration d'azote.

Depuis longtemps STROHL a attiré l'attention sur le fait que le poids du cœur, chez la poule blanche des Alpes neigeuses vivant à 2 ou 3.000 mètres d'altitude, est plus gros que celui de la poule des Marais.

Tous ces auteurs trouvèrent surtout une augmentation de volume portant sur le ventricule droit.

F. MEYER et J. MEYER ont obtenu, par raréfaction de l'air, une hyperhémie pulmonaire avec surcharge du cœur droit, appréciée à l'électrocardiogramme.

De fait, lorsque le cœur a à vaincre une résistance augmentée, il s'adapte à ce travail par une dilatation physiologique (STARLING) et cette dilatation physiologique peut être, elle aussi, la raison d'une hypertrophie,

comme on en voit se produire, d'ailleurs, lors d'une dilatation cardiaque qui dure depuis un certain temps dans des circonstances pathologiques.

Nous venons de parler de dilatation et d'hypertrophie cardiaques. Comme l'ont montré certains auteurs, tels que BRUNS, de Königsberg, *il convient de faire une discrimination nette entre la dilatation et l'hypertrophie.*

Il se produit tout d'abord très vraisemblablement une *dilatation* cardiaque passagère au cours même de l'effort : comme toutes les fibres musculaires, celles du myocarde ont en effet une élasticité qui peut jouer (et qui joue très certainement) d'une façon considérable lors des exigences des xols. Mais il convient de ne pas oublier que cette élasticité a des limites ; il faut « la surveiller », et, chez les sportifs notamment, il convient de veiller à ne pas la dépasser sous peine d'incidents graves (L. MERKLEN). C'est ainsi que le coureur de Marathon pourrait s'effondrer par dilatation aiguë du cœur, et peut-être pourrait-on expliquer par une telle dilatation aiguë certaines morts subites lors de vols aux grandes altitudes ? Ainsi la valeur adaptative de la dilatation cardiaque, tout en restant dans les limites physiologiques, implique-t-elle certaines réserves, ou, tout au moins, une certaine surveillance. Toutefois, il n'en reste pas moins qu'un cœur dilaté avec un rythme lent, une tension artérielle — comme nous le verrons plus loin — relativement basse et bien équilibrée et sans que par ailleurs il y ait le moindre signe pathologique, ne saurait, a priori, comporter un pronostic essentiellement défavorable.

Les mêmes réserves ne s'appliquent pas à l'*hypertrophie cardiaque*, qui est une modification adaptative durable.

On ne sait pas exactement comment se constitue l'hypertrophie du myocarde. Parmi les facteurs très

certainement nombreux qui entrent ici en jeu, il en est un qui nous semble particulièrement important. Nous avons vu que les exigences accrues lors de l'exercice entraînent passagèrement un plus grand remplissage diastolique du cœur, qui entraîne à son tour une plus grande distension initiale lors de la diastole et, par cela même un plus grand étirement de la fibre myocardique. Ces phénomènes stimulent la croissance du myocarde. Ce qui revient à dire que le renforcement du muscle cardiaque et l'augmentation de la masse du cœur sont des conséquences de la dilatation physiologique du cœur. Sur la dilatation passagère vient à la longue se greffer, en quelque sorte, une hypertrophie durable.

Il serait intéressant de discriminer, en présence d'une augmentation du volume du cœur, s'il s'agit d'une dilatation pure ou d'une hypertrophie cardiaque. Le diagnostic différentiel en est très difficile. BRUNS, étudiant les gros cœurs des sportifs, indique le moyen suivant : à la radiographie, une grande différence de volume du cœur selon que l'on examine un même sujet debout ou couché, sera en faveur d'une dilatation, et non pas en faveur d'une hypertrophie par épaississement des parois.

D'autre part, il est évident qu'une augmentation de volume du cœur se constituant chez un aviateur au bout de peu d'heures de vol sera en rapport avec une dilatation, et cette précocité incitera alors à une surveillance particulière.

3° MODIFICATIONS DU POULS ET DE LA TENSION ARTÉRIELLE

Pouls.

L'augmentation du volume du cœur, sa dilatation physiologique et son hypertrophie qui entraînaient un

meilleur débit sanguin, allaient de pair avec le *ralentissement de son rythme*. Les travaux de GRANDPIERRE et GROGNOT, ainsi que nos récentes statistiques, nous ont montré que le pouls de l'aviateur entraîné est lent, plus lent que celui de la moyenne de l'homme normal, comme cela se produit lors d'un séjour à haute altitude en montagne chez des sujets entraînés.

En effet, si lors d'une ascension, tous les travaux (ZUNTZ, LÆWY, DURIG et collaborateurs) concernant l'action du climat des altitudes sur le rythme cardiaque concordent pour admettre une accélération des battements, Mosso (1899) avait déjà montré que les sujets habitués aux hautes altitudes présentaient une accélération moindre du rythme cardiaque que les sujets non acclimatés.

Et, surtout, MONGE a montré que, chez les sujets acclimatés aux altitudes, la bradycardie est de règle. Chez les habitants des Hauts Plateaux de la Cordillère des Andes, sur 58 observations, MONGE indique 19 % de sujets ayant moins de 50 et 53 % moins de 60 pulsations à la minute.

Les travaux de BARCROFT et SCHNEIDER confirment la bradycardie chez les sujets acclimatés aux hautes altitudes.

Les modifications du rythme cardiaque au cours de la pratique aéronautique sont *probablement en rapport avec l'activité du système neuro-végétatif*, et les recherches de GRANDPIERRE et GROGNOT sur les modifications de l'activité neuro-végétative chez les aviateurs, suivant leur degré d'entraînement, ont été particulièrement suggestives à ce sujet. Ces auteurs ont étudié la réflexivité végétative par l'observation du réflexe solaire et du réflexe oculo-cardiaque et ils ont pu classer les sujets du personnel navigant en trois groupes, correspondant à trois périodes différentes de leur vie aérienne :

« Un *premier groupe*, à la *période de début* : sujets ayant pratiqué, en général, moins de 500 heures de vol, qui présentent des *réflexes végétatifs variables* selon leur tempérament.

Un *deuxième groupe* de sujets ayant effectué de 500 à 1.500 heures de vol, présentant au repos, en dehors des vols, une *hyperréflexivité sympathique marquée*, avec des réflexes solaires plus ou moins intenses, mais toujours très marqués, suivant les tempéraments, la valeur de l'entraînement, ou encore suivant certaines conditions indépendantes de l'aviateur lui-même. Ces sujets ont, dans presque tous les cas, un réflexe oculocardiaque nul, ou inversé.

Enfin, un *troisième groupe de sujets*, que nous considérons comme *définitivement adaptés*, qui présentent une réflexivité sympathique toujours marquée, et, de plus, une *réflexivité parasympathique très augmentée*, se traduisant par une exagération du réflexe oculocardiaque ».

Il ne faut pas prendre les chiffres de 500 heures pour le premier groupe, de 500 à 1.500 heures pour le deuxième groupe, et au-dessus de 1.500 heures pour le troisième groupe, dans un sens rigide. GRANDPIERRE et GROGNON ont fait remarquer que ces chiffres variaient suivant les conditions du travail aérien. Mais il apparaît, dans l'ensemble, que les aviateurs passent au cours de leur carrière aéronautique par une phase d'hyper-réflexivité et d'hypertonie sympathiques, puis, après un certain temps, apparaissent également une hyperréflexivité et une hypertonie parasympathiques, qui établissent un nouvel équilibre neuro-végétatif.

Tension artérielle.

L'étude de la tension artérielle met bien en évidence ce retour à un nouvel équilibre organique au cours de

la carrière aéronautique. Nos statistiques indiquent en effet, et les recherches de GRANDPIERRE et GROGNOT l'ont bien montré, que *si la tension artérielle chez l'aviateur au repos s'élève progressivement avec le nombre d'heures de vol effectuées*, pour atteindre son maximum d'augmentation, lorsque les sujets ont accompli un certain nombre d'heures de vol (800 à 1.500 heures), elle *revient ensuite progressivement à un taux inférieur, pour se stabiliser à une valeur normale*.

GRANDPIERRE et GROGNOT indiquent les pourcentages suivants :

« En ce qui concerne la pression artérielle, nous avons constaté que 90,5 % des aviateurs n'ayant pas encore accompli 600 heures de vol ont une tension maxima inférieure à 17.

« Dans le groupe des aviateurs ayant effectué de 800 à 1.200 heures de vol, on n'observe plus que 34,4 % de tension artérielle maxima inférieure à 17 ; (ce pourcentage s'abaisse même à 10,9 lorsque l'on considère les aviateurs ayant volé de 800 à 1.000 heures).

« Enfin, chez ceux qui ont accompli plus de 2.000 heures de vol, il existe 82 % de tension maxima inférieure à 17.

« Certains de ces sujets ont même des pressions artérielles relativement basses ».

Ici encore, il ne faut pas prendre les chiffres d'une façon absolue ; ils varient, et leurs auteurs insistent sur ce fait, avec les conditions du travail aérien.

Ces modifications durables de la tension artérielle nous semblent particulièrement favorables, puisque les mesures indiquent une élévation de la pression moyenne avec une légère baisse de la maxima et une diminution plus nette de la minima traduisant la moindre résistance périphérique.

Ces données sont confirmées par les statistiques que MM. GRANDPIERRE et GROGNOT ont bien voulu nous donner et nous autoriser à publier et dont voici le détail.

Les sujets provenant tous d'une même formation aéronautique, et par conséquent effectuant un travail analogue, étaient examinés pendant une période de repos. La prise de la tension artérielle était faite le matin, le sujet étant à jeun, examiné dans la position couchée, au repos absolu depuis 15 minutes. L'appareil utilisé pour la prise de la tension artérielle était l'appareil de PACHON, conjugué avec une capsule oscillographique de BOULITE, ce qui permettait d'enregistrer ensuite les réflexes solaires et oculo-cardiaques.

TABLEAU.

Noms	Age	Heures de vol	Pouls	Tension		My	Tension avant les 1 ^{ers} vols	Pouls avant les 1 ^{ers} vols
				Mx	Mn			
W	40	3.800	88	14	4	—		
T	44	2.500	84	15,5	6	—		
G	38	2.900	80	18	7	—		
S	39	2.500	72	15	7	—		
B	35	2.515	80	12,5	6	—		
V	43	2.493	80	16	6,5	9,5	15/9	82
G	34	2.200	—	14	7,5	—		
D	33	2.360	64	15	7	9,5	15/9	82
U	32	2.000	—	16	7	—		
O	40	2.000	—	15	7	—		
G	35	2.000	80	13,5	7	9		
N	29	1.875	—	16	8	10		
M	34	1.806	—	17	7	10	17/9	72
F	35	1.800	80	18	8	10	15/9	76
B	33	1.750	96	14	7	9		
H	34	1.700	70	12,5	6	—		
P	33	1.700	72	13	5,5	8		
B	32	1.550	84	18	7			
G	29	1.500	84	15	8	10		
A	30	1.500	64	10	8	9		
F	35	1.500	88	20	9	12		
M	33	1.500	—	18	8	10	15/9	
P	32	1.420	78	16	8			
C	32	1.450	96	18	8	10		
Y	27	1.450	80	17,5	8			
V	28	1.300	—	16,5	8	10		
M	31	1.300	72	16	7			
L	31	1.300	84	18	11			

B	29	1.300	—	16	7				
P	28	1.300	84	18	8				
G	35	1.358	72	13	7	9		14/6	
G	33	1.348	84	15	8	9		15/8	
L	34	1.350	80	14,5	7	9		(en 1925)	
								17/7	
								(en 1927	
								après	
								1.000 h.	
								de voll)	
								12/6	70
								12/8	
C	33	1.200	68	16	7	9			
F	29	1.200	70	18	9	11			
P	31	1.250	56	12	7	9			
M	33	1.100	76	17	9	11			
B	28	1.100	80	12,5	7	9			
F	28	1.070	—	17	8	10			
V	28	1.050	80	17	7,5				
C	28	1.000	76	16,5	8,5				
P	36	1.000	76	17	9,5				
P	28	1.070	88	19	8	10			
B	28	1.077	88	15	7	10			
M	27	1.000	84	17	8			17/7	76
C	28	1.000	74	16,5	7,5				
H	32	1.000	68	17	9	9,5		14/6	68
V	35	1.000	80	16	8	11		14/6	60
H	28	940	78	16,5	8	10		15/10	72
B	28	900	76	17	7	9			
B	27	900	68	19	8	9			
L	28	900	88	20	7	9			
Q	27	900	78	17	9	10		15/7	76
B	25	970	60	17	9	11			

Noms	Age	Heures de vol	Pouls	Tension		My	Tension avant les 1 ^{ers} vols	Pouls avant les 1 ^{ers} vols
P	36	900	72	Mx	Mn	My		
T	30	890	64	17	8	11		
M	28	800	104	18,5	9	11		
B	35	800	—	18	8,5	11	13/9	78
R	28	800	80	17	6,5	—	14/8	78
M	34	750	—	17	8	—		
O	30	750	64	16	7,5	9		
C	29	750	72	14,5	7	9		
H	30	749	72	16	8	9,5		
G	29	700	72	18	7,5	—		
D	27	700	76	16	7	9		
T	26	600	108	17,5	7,5	9,5		
R	26	600	100	19	7	9		
V	29	600	76	14	7	9,5		
A	27	650	76	15,5	7	9	16/9	90 (1931)
P	26	600	72	18	7	9,5	15/9	
B	35	650	80	18,5	11	13		
B	25	648	60	16	8	9		
P	26	680	94	17	—	10		
A	27	550	86	20	16	14		
P	27	540	80	16	10	—		
A	25	517	89	16,5	7	—		
M	25	500	88	14	7	8		
R	25	540	78	15	7	9		
V	28	500	80	17	8	10		
H	26	503	72	16	7	9,5	13/7	
M	26	450	72	15	8	10		

S	29	350	72	15	10	—
T	27	300	68	12	7,5	—
E	29	350	80	14,5	8	9,5
T	27	370	72	15	7	—
G	23	350	82	13	5,5	7
W	21	290	90	16,5	6	9
F	22	310	76	16,5	7	9
C	25	256	88	17	9	11
A	28	232	72	15	6	9
S	24	215	80	15	7	—
D	22	215	80	16	7	—
G	22	105	—	19	7	—
U	22	100	72	15	7	9
R	21	80	80	15	7	9
G	22	125	66	15	7	10
D	19	130	69	16,5	7	10
G	34	—	—	14	8	10

Noms	Age et fonction dans le P. N. avec date de début dans le P. N.	Nombre d'heures de vol	Tension artérielle au repos le matin au Pachon			Pouls au repos le matin
			Mx	Mn	My	
M	Pilote - 30 ans Octobre 1929	2.530	13	7	9	72
D	Pilote - 34 ans Octobre 1929	2.360	16	8	10	72
P	Pilote - 37 ans Octobre 1926	2.570	17	9	12	68
C	Pilote - 33 ans Octobre 1926	2.650	14	8	—	84
M	Pilote - 30 ans Octobre 1926	2.000	13	6	—	72
P	Pilote - 31 ans Octobre 1932	1.660	13	8	10	80
H	Pilote - 31 ans Mars 1929	1.600	15	8	10	96
P	Pilote - 30 ans Mars 1929	2.330	16	9	—	72
A	Pilote - 32 ans Mars 1929	1.500	15 1/2	11	—	80
P	Pilote - 34 ans Mars 1929	1.850	15 1/2	10	—	80
H	Pilote - 31 ans Mars 1929	1.500	15	7	—	76
D	Pilote - 33 ans Mars 1929	1.800	15	8	—	84

[illegible]

Noms	Age et fonction dans le P. N. avec date de début dans le P. N.	Nombre d'heures de vol	au Pachon			Pouls au repos le matin
			Mx	Mn	My	
L	Pilote - 30 ans 1927	980	15	7	10	68
G	Pilote - 27 ans 1932	830	14	9	11	68
A	Pilote - 28 ans	800	10	8	—	70
C	Radio - Navig. 29 ans	800	14	9	—	70
R	Radio - Navig. 31 ans	896	15	8	9	70
K	Pilote - 28 ans 1928	760	16	9	11	60
L	Pilote - 25 ans 1935	570	14	7	—	69
S	Pilote - 27 ans 1936	630	13	8	10	60
T	Pilote - 24 ans	600	12	7	—	80
H	Pilote - 25 ans	600	14	7	—	68
C	Pilote - 24 ans	500	11	7	—	76
C	Radio - Navig. 25 ans	500	11	8	—	62
L	Mitrailleur - 27 ans	500	10	7	—	68
G	Mitrailleur - 25 ans	700	16	8	—	78
B	Mitrailleur - 32 ans	450	15	8	—	84
B	Mitrailleur - 26 ans	530	14	8	—	62
D	Pilote - 30 ans	749	13 1/2	7,5	—	72
T	Pilote - 24 ans 1936	420	14	9	11	84

V	Pilote - 22 ans	470	15	6	11	84
A	Pilote - 23 ans	250	13	7	10	84
A	Pilote - 21 ans	330	12	8	10	64
S	Pilote - 23 ans	280	12	7	9	56
B	Pilote - 21 ans	306	15	7	11	76
S	Pilote - 29 ans	300	13	7	10	74
A	Pilote - 31 ans	340	15	8	10	68
R	Pilote - 22 ans	330	15	8	11	72
B	Pilote - 20 ans	270	14	7	9	62
A	Pilote - 21 ans	300	15	8	10	76
J	Observateur - 34 ans	330	15	8	10	72
W	Observateur - 28 ans	300	13	7	—	65
P	Observateur - 32 ans	250	14	8	—	80
F	Observateur - 27 ans	200	14	8	—	118
H	Observateur - 22 ans	350	15	9	—	80
G	Observateur - 24 ans	300	14	8	—	78
P	Mitrailleur - 23 ans	200	15	9	—	78
P	Mitrailleur - 22 ans	257	13 1/2	9	—	100
C	Mitrailleur - 26 ans	496	15	9	—	80
S	Mitrailleur - 22 ans	250	16	10	—	86
S	Mitrailleur - 22 ans	200	15	9	—	70
						80

Dans ces statistiques personnelles, la période d'élévation de la T. A. et d'augmentation du rythme cardiaque n'apparaît pas comme identique à celle des statistiques de GRANDPIERRE et GROGNOT. Mais ce fait peut être dû à ce que nous avons examiné des sujets appartenant à des formations différentes et qui avaient effectué depuis huit mois un travail de temps de guerre. Ils avaient totalisé ainsi des heures de vol dans un temps relativement court ; et cela, les uns dans des formations de chasse, les autres dans des formations de reconnaissance ou de bombardement. Il est donc fort possible que ces aviateurs, examinés par nous, aient présenté la période d'élévation de la tension artérielle et d'accélération du pouls à des heures de vols différentes de ceux examinés par GRANDPIERRE et GROGNOT.

Nous avons pu surtout constater que l'aviateur entraîné examiné au repos présente une tension artérielle normale ou basse et un rythme cardiaque relativement lent.

Nous signalerons, pour terminer, que C. MONGE avait trouvé, lors de ses recherches sur les habitants des Cordillères des Andes, des valeurs très basses pour la tension artérielle, et nous citerons les chiffres donnés par PESCE : sur 343 observations à 4.400 mètres chez les Andins de 18 à 58 ans, il a trouvé pour la maxima, dans 65 % des cas, des valeurs inférieures à 130 m/m. au Pachon.

4° PARALLÉLISME AVEC LES MODIFICATIONS
PULMONAIRES ET CARDIO-VASCULAIRES
DES SPORTIFS ENTRAÎNÉS

Augmentation de la capacité vitale, augmentation du débit cardiaque avec dilatation physiologique et hypertrophie du cœur, ralentissement du pouls et bon équilibre de la tension artérielle, telles sont les modifications pulmonaires et cardio-vasculaires durables que nous avons constatées à l'état de repos chez l'aviateur entraîné ou, pour employer une expression de GRAND-PIERRE et GROGNOT, chez l'aviateur « acclimaté à la pratique aéronautique ».

Ainsi, l'organisme de l'aviateur totalisant 1.500 heures de vol et plus diffère de celui de la moyenne de l'homme normal et il semble que cet organisme ait non seulement beaucoup de points communs avec celui du sportif entraîné, mais qu'il lui soit en quelque sorte superposable.

Le système cardio-vasculaire et pulmonaire du sportif entraîné présente en effet des caractères bien particuliers.

Le sportif entraîné présente une tension artérielle relativement basse et équilibrée, un ralentissement du pouls et une augmentation du volume du cœur.

Le problème s'est posé ici (comme il se pose chez l'aviateur désireux de poursuivre la pratique aéronautique) de *savoir si l'on doit déconseiller la pratique du sport, lorsque l'on constate une augmentation du volume du cœur.*

La question est aussi controversée en ce qui concerne le sportif que l'aviateur. Il y aura, comme chez ce dernier, à distinguer entre l'hypertrophie et la dilatation. Nous ne reviendrons pas sur leur discussion et leur mécanisme. Chez le sportif, comme chez l'aviateur, il s'agit de modifications qui résultent des exigences accrues — parfois dans des proportions considérables — de l'hématose : chez le second en raison de toutes les conséquences de la navigation aérienne et plus particulièrement de la diminution de la tension partielle de l'O² dans l'air, chez l'autre (le sportif) du fait des exigences accrues qu'entraînent le travail musculaire intensif. Nous attirerons également l'attention sur le fait que chez le sportif — et il en est de même chez l'aviateur — les exigences accrues ne sont pas seules à la base des modifications cardio-vasculaires ; interviennent aussi et surtout — et nous en avons relevé l'importance considérable chez l'aviateur — en dehors des facteurs purement psychologiques, des modifications dans le domaine du système neuro-végétatif. *Le sportif est un vagotonique* et cela se traduit, comme nous le verrons, par un certain degré de bradycardie. KEHL a dit : « Le cœur est, en quelque sorte, l'organe qui reflète par excellence les états psychiques et nerveux » ! Que nous montre l'examen du cœur des sportifs ? On constate que *l'augmentation du volume du cœur n'intéresse pas le cœur d'une façon globale*. Il s'agit au contraire, en général, d'une augmentation portant seulement sur certaines parties du cœur. Cela nous montre qu'il ne s'agit pas d'une augmentation égale de tout le cœur, en rapport avec une augmentation du volume respiratoire, mais d'une réaction à des facteurs mécaniques locaux d'une valeur particulière.

Lors d'une hypertrophie du ventricule droit, il faut envisager une surpression dans la petite circulation, et

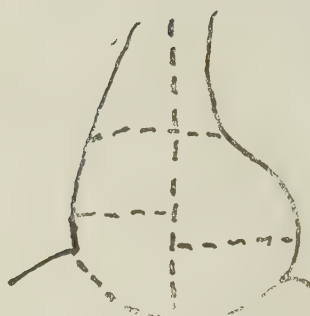
lors d'une hypertrophie du ventricule gauche, une augmentation de la résistance du système artériel périphérique.

Le cœur des sportifs affecte une forme particulière, selon le sport pratiqué : il « s'adapte » aux sports.

Quelques schémas de Joh. MULLER, qui reproduisent des orthodiagrammes, illustrent ces faits :



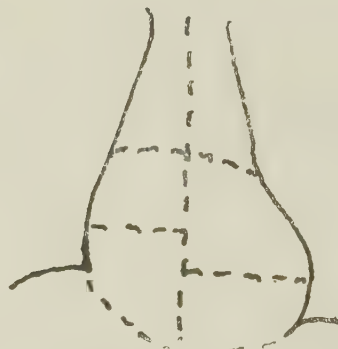
Cœur normal.
Sujet non sportif.



Cœur du coureur de fond.
C'est surtout l'élargissement du
cœur gauche qui caractérise ce
cœur.



Cœur d'un athlète pratiquant
tous les sports et plus particu-
lièrement le ski. Cœur puissant
avec surtout augmentation du
volume du cœur gauche.



Cœur bien équilibré et régu-
lièrement augmenté de volume
d'un athlète avec bonne techni-
que respiratoire.

Les augmentations de volume du cœur que nous avons constatées chez l'aviateur ne sont également pas globales. Sur nos exemples, elles portaient plus particulièrement sur le ventricule gauche. Les événements ne nous ont malheureusement pas permis de pousser plus à fond nos recherches.

L'étude des fiches physiologiques de l'Institut Régional d'Education Physique de Nancy mises à notre disposition par le Professeur L. MERKLEN, montre bien *l'augmentation de la capacité vitale, le ralentissement du pouls et le bon équilibre de la tension artérielle chez le sportif entraîné.*

Nous en donnons ici quelques extraits, en raison de l'appoint important que nous y trouvons pour notre opinion sur l'adaptation définitive de l'aviateur, au cours de la carrière aéronautique, aux exigences des vols. Car il est, en effet, généralement admis que l'organisme du sportif est un organisme entraîné et adapté aux exigences des performances du sport.

TABLEAU.

	Nom, né le : H - 14-6-06	Nom, né le : P. - 21-7-11	Nom, né le : Gr. - 1-7-12
Dates des examens.....	11-6-32	18-5-32	16-5-32
Taille.....	1 m. 65	1 m. 83	1 m. 69
Poids.....	55 kg. 200	81 kgs	66 kg. 900

Périm. Thorac. xymph. :

Inspiration.....			79
Expiration.....			88

Spirométrie.....	4 ^l 800	6 ^l 180	4 ^l 300
------------------	--------------------	--------------------	--------------------

Numération du pouls :

Pouls couché.....	60	64	58
Pouls debout.....	60	88	62

Pouls après exercice :

Après 15 secondes.....	81	104	76
Après 1 minute.....	64	88	64
Après 1 minute 1/2.....	60		62

Tension artérielle :

Maximum couché.....	14,5	16	16
Maximum debout.....	15,5	15	16

Nom, né le :	Nom, né le :	Nom, né le :	Nom, né le :	Nom, né le :
S.E. - 15-4-09	R. - 8-6-18	L. - 8-9-06	D. - 22-9-11	E. - 28-4-08
3-10-34	11-10-34	17-10-34	27-9-34	1-10-34
1 m. 72	1 m. 74	1 m. 71	1 m. 73	1 m. 71
73 kgs	74 kg. 500	64 kg. 500	76 kg. 750	67 kg. 700
90	94	88	93	89
79	84	77	85	79
4 ¹ 200	4 ¹ 900	4 ¹ 700	4 ¹ 600	4 ¹ 400
60	68	68	68	72
64	72	72	72	80
84	88	96	88	104
62	72	72	72	80
14	16	15	16	16
15	16	16	17	17

	Nom - Né le :		Nom - Né le :	
	P. R. - 22-8-16		H. M. - 3-5-16	
Dates des examens.....	5-5-37	22-11-38	22-12-37	12-1-39
Taille.....	1 m. 69	1 m. 69	1 m. 54	1 m. 55
Poids.....	69 kgs	71 kgs	52 kg. 200	51 kg. 650
<i>Périm. thorac. xyph.</i>				
Inspiration.....	91	94	77	79
Expiration.....	81	82	69	73
Spirométrie.....	4 ^l 400	4 ^l 500	3 ^l 500	3 ^l 500
<i>Numération du pouls</i>				
Pouls couché.....	56	52	72	76
Pouls debout.....	64	60	80	80
<i>Pouls après exercice :</i>				
Après 15 secondes.....	76	68	92	92
Après 1 minute.....	64	60	92	80
Après 1 minute 1/2....			88	
Après 2 minutes.....			80	
<i>Pression artérielle</i>				
Maximum couché.....	14	16	15	13
Maximum debout.....	15	15	16	15

	Nom - Né le :		Nom - Né le :	
	J. H. - 11-1-15		C. H. - 18-4-15	
Dates des examens.....	21-2-35	30 4-37	25-1 39	7-4-40
Taille.....	1 m. 66	1 m. 66	1 m. 70	1 m. 70
Poids.....	58 kg. 500	57 kgs	62 kgs	63 kg. 150

Périm. thorac. xyph.

Inspiration.....	86	88	80	84
Expiration.....	77	77	67	70
Spirométrie.....	3 ^l 500	3 ^l 500	3 ^l 600	3 ^l 600

Numération du pouls

Pouls couché.....	72	60	64	60
Pouls debout.....	80	64	68	52

Pouls après exercice :

Après 15 secondes.....	104	64	76	76
Après 1 minute.....	80	13	68	60
Après 1 minute 1/2.....				
Après 2 minutes.....				

Pression artérielle :

Maximum couché.....	15	84	13	11
Maximum debout.....	15	15	15	13

	Nom - Né le :		Nom - Né le :	
	B. G. - 25-4 15		H. P. - 10-1-17	
Dates des examens.....	18-1-34	28-10-35	25-11-36	23-11-39
Taille.....	1 m. 83	1 m. 83	1 m. 69	1 m. 69
Poids.....	74 kg. 500	80 kg. 300	59 kgs	60 kg. 500

Périm. thorac. xyph.

Inspiration.....	93	100	77	79
Expiration.....	84	92	66	65
Spirométrie.....	5 ^l 300	5 ^l 700	3 ^l 200	4 ^l 200

Numération du pouls

Pouls couché.....	76	72	76	72
Pouls debout.....	76	80	80	76

Pouls après exercice :

Après 15 secondes.....	116	88	92	108
Après 1 minute.....	80	80	80	76
Après 1 minute 1/2.....	76			
Après 2 minutes.....				

Pression artérielle :

Maximum couché.....	16	17	16	12
Maximum debout.....	16	19	17	14

GRANDPIERRE et GROGNOT avaient été frappés, lors de leurs recherches sur la *réflectivité neuro-végétative chez l'aviateur au repos* au cours de la carrière aéronautique, sur les *différences des résultats obtenus selon que les aviateurs avaient ou non subi un entraînement sportif*.

Il faut tenir compte, disent-ils, en lui donnant une place très importante, de l'entraînement sportif des sujets **examinés**. En effet, l'entraînement sportif provoque un état vagotonique très net qui se traduit par un certain degré de bradycardie et un réflexe oculo-cardiaque particulièrement marqué. Et c'est ainsi qu'au cours de la période de la carrière aéronautique comprise entre 500 et 1.500 heures de vol, ces auteurs n'avaient pas constaté le même degré d'élévation de la tension artérielle, le même degré de tachycardie surtout, chez les aviateurs qui avaient auparavant pratiqué beaucoup le sport.

Cela s'était traduit également par un moins grand déséquilibre dans la réflectivité neuro-végétative. Le tonus du sympathique augmentait bien, mais il était compensé par l'hyperparasymphaticotonie habituelle chez les sportifs. Ce qui revient à dire que, chez les sujets ayant subi un entraînement sportif, les éléments favorables (tels que la brachycardie, le meilleur équilibre neuro-végétatif et le meilleur équilibre de la tension artérielle) apparaissent au bout d'un nombre d'heures de vol moindre que chez les sujets non entraînés. Si, avec GRANDPIERRE et GROGNOT, nous appelons la période de la carrière aéronautique situé entre 500 et 1.500 heures de vol pendant laquelle on observe une réflectivité sympathique élevée avec accélération de pouls et élévation de la tension artérielle « période d'adaptation », et si avec ces mêmes auteurs, nous rappelons période « d'acclimatation définitive » celle que l'on observe chez des sujets totalisant 1.500 heures de vol et

plus, et qui ont généralement un rythme cardiaque assez ralenti, une tension artérielle généralement basse et un bon équilibre de la réflectivité neuro-végétative, nous voyons que la *période d'adaptation est écourtée chez l'aviateur ayant préalablement subi un bon entraînement sportif*. C'est dire tout l'intérêt, toute l'utilité, sinon la nécessité, d'une bonne pratique des sports, pour tous ceux qui se vouent à la carrière aéronautique, et cela avec toutes les conséquences hygiéniques, diététiques et autres, qu'entraînent les règles de l'entraînement.

Il nous reste à attirer l'attention (et bien des recherches resteraient encore à faire à ce sujet) sur un point assez curieux qui se révèle, quand l'on compare, comme nous venons de le faire, les modifications organiques de la carrière aéronautique avec celles de la carrière sportive. *Nous ne constatons pas, en effet, chez le sportif, les manifestations de la « période d'adaptation » de l'aviateur.*

Pourtant, nous signalerons que SCHENK a constaté chez le sportif, pendant et peu après les efforts, une hypersympathicotonie avec tachycardie et élévation de la T. A., augmentation des lymphocytes, disparition d'une arythmie respiratoire préexistante, diminution de l'excitabilité des réflexes. Par contre, lors d'un effort prolongé, il a constaté, souvent déjà pendant l'effort lui-même, une prédominance du parasympathique. Cela peut s'expliquer pour la sympathicotonie par l'acidose de l'effort et pour la parasympathicotonie par l'apparition d'une alcalose, due à une hypercompensation de l'acidose. Ce sont là des faits qui resteraient à approfondir et montreraient peut-être aussi chez le sportif une période d'« adaptation » très courte, qui précéderait celle de « l'acclimatation ».

Quoi qu'il en soit, les modifications de la période d'acclimatation se constituent chez le sportif peu à peu, et sans passer, par exemple, comme on le constate chez l'aviateur d'une façon aussi nette et constante, par l'hyperréflexivité sympathique. Ce n'est que *chez le sportif surmené* que l'on constate un déséquilibre neuro-végétatif avec asthénie marquée et tachycardie.

Cela montre toute la complexité du déroulement des modifications organiques chez l'aviateur. Mais leur résultat final et durable n'en reste pas moins acquis ; et leur connaissance invite le personnel navigant à suivre les mêmes règles, les mêmes disciplines que ceux qu'observent les sportifs, et qui les rendent aptes à faire face si efficacement aux exigences des performances actuelles.

CONCLUSIONS

Dans ce court exposé, nous nous sommes efforcé d'apporter quelques éléments à l'étude du comportement physiologique et physiopathologique de l'aviateur au cours de la pratique aéronautique. C'est à l'étude des modifications durables qu'entraîne chez l'aviateur la lutte de l'organisme pour faire face aux exigences toujours accrues de la navigation aérienne que nous nous sommes attachés.

Nous avons vu que l'organisme de l'aviateur subissait des :

— Modifications pulmonaires importantes : modifications des aspects radiologiques de la cage thoracique, avec augmentation de la capacité vitale et des périmètres thoraciques ;

— Modifications cardio-vasculaires qui comportent : une augmentation du débit cardiaque et du volume du cœur. Nous avons insisté sur la différence qu'il convient de faire entre la dilatation et l'hypertrophie du cœur : un ralentissement du pouls qui traduit un nouvel équilibre, d'une importance primordiale, dans le système neuro-végétatif, une baisse de la tension artérielle qui porte non seulement sur la pression maxima, mais aussi sur la pression minima.

Nous avons vu que l'on ne constatait ces modifications organiques que chez l'aviateur entraîné et ayant pratiqué déjà un certain nombre d'heures de vol.

Nous nous sommes efforcé de discuter la valeur adaptative éventuelle de toutes ces modifications, en étudiant certains des aspects pathogéniques. Si nous

n'avons pu trancher cette question d'une façon absolue, il nous semble que certaines modifications militent en faveur de cette valeur adaptative : tels sont : l'augmentation du débit cardiaque et du volume du cœur dans les limites physiologiques, le meilleur équilibre dans le domaine de la tension artérielle et du système neuro-végétatif.

Enfin, nous avons attiré l'attention sur le parallélisme qui existe entre les modifications pulmonaires et cardio-vasculaires qui surviennent chez l'aviateur entraîné au cours de la pratique aéronautique et les modifications pulmonaires et cardio-vasculaires que l'on constate chez le sportif entraîné au cours de la pratique du sport. .

Vu et approuvé :
Le Président du Jury :
L. CORNIL.

Vu et approuvé :
Le Doyen :
L. CORNIL.

Vu et permis d'imprimer :
Aix, le 5 Août 1940
Le Recteur : E. GAU

BIBLIOGRAPHIE

- ANAESTASIN. — Contribution à l'étude de la tension artérielle chez l'aviateur (*IV^e Congrès International de la Navigation Aérienne*, - Rome 1927).
- D'AURCOURT GAT et GARSET. — Contribution à l'étude de l'étiologie et de la pathogénie du mal des aviateurs (*IV^e Congrès International de la Navigation Aérienne*, - Rome 1927).
- ARON. — Cœur, pression artérielle et hautes montagnes (*Mediz. Klinik*, - 18 juillet 1930, p. 1.075).
- BARCROFT. — Functions of the spleen (*The Lancet*, mars 1926).
- BARCROFT. — The respiratory function of the blood (*Cambridge Presse*, 1925).
- BARCROFT (I.). — Life in the Ander (*Nature*, 1922).
- BARTIETT. — Les variations de la tension artérielle en rapport avec la raréfaction de l'air (*American Journal of Physiology*, octobre 1903, p. 149).
- BAYEUR (R.). — L'insuffisance respiratoire aux très hautes altitudes et sa correction par les injections sous-cutanées d'oxygène (*C. R. Ac. Sciences*, 31 janvier 1921).
- BAYEUX. — Le mal des aviateurs (*C. R. Académie de Médecine*, 15 décembre 1919).
- BÉHAGUE, GARSAX et Ch. RICHET Fils. — Physiologie des Altitudes (Doin, Edit., Paris, 1928).
- BERGERET (P.). — Effets physiologiques de la vitesse et des accélérations en avion (*Revue du Service de Santé Militaire*, septembre 1937. Tome CVII, N^o 3).
- BERGERET (P.). — Effets physiologiques de l'Altitude en avion. (*Revue du Service de Santé Militaire*, Septembre 1937. Tome CVII, N^o 3).
- BERGERET (P.), GIORDAN (P.), STRUMZA (M.-V.). — Travail musculaire en altitude et inhalation d'oxygène (*Le Travail Humain*, 1937, Tome V, N^o 2. Conservatoire National des Arts et Métiers, Paris).
- BEYNE (J.). — Le mal des aviateurs et des aérostiers (*Traité de Climatologie, Biologique et Médicale*, Tome II. Masson et C^{ie}, Editeur, Paris 1934).

- BEYNE (J.). — Les troubles provoqués dans l'organisme humain par la Navigation aérienne aux grandes Altitudes (*Annales de Physiologie*. Tome X, N° 3, 1934).
- BEYNE (J.) et BERGERET (P.). — La protection contre l'anoxhémie et l'acapnie au cours de la dépression atmosphérique (*Annales de Physiologie*. Tome XXIV, 1935).
- BEYNE (J.). — Les variations de la tension artérielle chez l'homme sous l'influence de la pression atmosphérique (*La Médecine*, septembre 1932).
- BEYNE (J.). — Réactions de la pression artérielle chez l'homme au cours du vol en avion (*Journal de Physiologie et Pathologie Gén.* Décembre 1932, p. 890).
- BEYNE (J.), GAUTRELET et HALPERN. — Les variations de la tension artérielle en dépression atmosphérique (*Journal de Physiologie et Pathologie Gén.* Juin 1935, p. 486).
- BEYNE (J.). — Etat actuel de nos connaissances sur la physiologie de l'aéronaute (*Arch. de Méd. et de Ph. Mil.* LXXV, N° 4, octobre 1921).
- BEYNE (J.). — Les conditions de vie de l'organisme humain en altitude (*Bulletin de l'Institut Général Psychologique*, N° 4-6, 1928).
- BEYNE (J.), BINET (L.), STRUMZA (M.-V.). — Valeur numérique des hématies en dépression atmosphérique. Relations avec les besoins en oxygène (*C. R. Soc. Biol.*, 7 juillet 1934. Tome CXVI, p. 988).
- BEYNE (J.), BINET (L.), STRUMZA (V.). — Mécanisme de la polyglobulie d'origine respiratoire (*C. R. Soc. Biol.*, 23 mars 1935).
- BEYNE (J.), GAUTRELET (J.) et HALPERN (N.). — Les variations de la tension artérielle en dépression atmosphérique (*Journal de Physiologie et de Pathologie générale*. Tome 33, N° 2, juin 1935).
- BEYNE (J.). — Les réactions de la pression artérielle chez l'homme au cours du vol en avion (*Journal de Physiologie et de Pathologie générale*. Tome XXX, N° 4, décembre 1932).
- BINET (L.). — L'influence du vol sur l'organisme (*Presse Médicale*, N° 56, 4 octobre 1919).
- BINET (L.). — Questions physiologiques d'actualité (Masson et C^{ie}, Editeur, Paris 1927).

- BILLON. — Pression artérielle et changements d'altitude (*Marseille Médical*, 5 février 1929, p. 176).
- BOYCOTT et HALDANE. — Les effets de la basse pression atmosphérique (*Journal of Physiology*, London, 1908, p. 335).
- BRUNO°. — Muskelarbeit und Herzgrösse (*Verhandlungsbericht über die 4. Sportärzte-Tagung*. Berlin, 22-24 octobre 1927).
- GAMUS. — Recherches sur l'influence des variations de la pression atmosphérique sur la pression sanguine (*C. R. Soc. Biol.*, 20 juin 1903, p. 790).
- CAMUS. — Etude expérimentale des variations d'altitudes sur la pression sanguine (*Journal de Physiologie et Pathologie générale*, juillet 1903, p. 654).
- CASTEX. — Le mal des aviateurs. - Etude physiologique de l'aviateur de guerre (*Thèse de médecine*, Lyon, 1921).
- DE CHABANELLE et RIVIÈRE. — Hypertension et altitude (*Gazette Médicale de France*, 1^{er} janvier 1935).
- CHEVILLARD, HAMON et MAYER (A.). — *An. de Physiol. et de Physicochim. Biol.*, 1937, XII, p. 1.145).
- CHEVILLARD et MAYER (A.). — (*Ann. Physiol. et Physicochim. Biol.* 1935, XI, p. 199, 225).
- CORDIER (D.) et HEYMANN (C.). — Le centre respiratoire (Neuvième réunion de l'Association des Physiologistes, Paris, 4-5 juin 1935. Association des Physiologistes).
- CRUCHET. — Influence des variations de la pression atmosphérique sur la pression artérielle et le mal des aviateurs (*III^e Congrès International de Navigation aérienne*, Bruxelles, octobre 1925, p. 184, et *Presse Médicale*, 11 novembre 1925).
- CRUCHET et LAMBER. — Influence des variations de la pression atmosphérique sur la pression artérielle (*Journ. méd. de Bordeaux*, 1925, p. 449).
- CRUCHET et MOULINIÉ. — Fatigue et asthénie cardiaque, mal des aviateurs (*C. R. Soc. Biologie*, 21 juin 1919, p. 677).
- DENIAU. — Variation de la pression artérielle et dépression atmosphérique. Etude expérimentale chez l'homme et chez l'animal. Essais thérapeutiques (*Thèse de médecine*, Lyon, novembre 1935).
- DESGREZ (A.), CARDOT (H.), SANTENOISE (D.). — Action des climats sur les diverses fonctions de l'organisme sain et pathologique (Traité de climatologie biologique et médicale de M. PIERRY. Tome I, Masson et C^{ie}, Editeur, Paris, 1934).

- DUMAS. — Le cœur et l'altitude. (*Pratique Médic. Française*, janvier 1932, p. 8).
- DURIG et collaborateurs. — *Ark Wiss, Wien Math.-naturwiss. Kl.* 1909, 86).
- EINER (K.). — Die vorübergehenden und die bleibenden Herzgrößen veränderungen infolge sportlicher Anstrengung (*Marburger spotwissenschaftliche Untersuchungen und Beobachtungen* in Sitzungsberichte der Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften zu Marburg. 1925-1926, p. 71).
- ETIENNE (G.) et LAMY (G.). — Adaptation du cœur des aviateurs (*Revue Médic. de l'Est*, 15 février 1922, p. 115).
- ETIENNE (G.) et LAMY (G.). — L'hypertrophie du cœur des aviateurs (*Comptes rendus de la Société de Biologie*, N° 82, Année 1919, Séance du 15 juin).
- EWIG et HINSBERG. — *Zeits. klinisch Med.* Berlin 1931, p. 732).
- FERRY (G.). — Le mal des aviateurs et ses conséquences éloignées. Hygiène de l'aviateur (*Archives de Médecine et de Pharmacie militaires*, 1^{er} juillet 1918).
- FERRY (G.). — Le syndrome, mal des aviateurs (*C. R. Soc. de Méd. de Nancy*, 24 novembre 1915, *Thèse de Nancy*, 1917. *Arch. Médic. et Pharm. Militaire*, 1918, p. 77 ; et *C. R. Soc. Biol.*, 14 juin 1919, p. 635).
- FERRY (G.). — Influence du repos sur la tension artérielle de l'aviateur aux armées (*Bulletin Acad. Médec.*, 14 octobre 1919, p. 188, et *C. R. Soc. Biol.*, 14 juin 1919, p. 630).
- FLAMME (M.) — Les fatigues exceptionnelles du service aérien : maladies qui peuvent en résulter au regard de la loi du 31 mars 1928, considérées comme accidents du travail (*Revue de l'Armée de l'Air*, septembre 1934, p. 287-1009).
- FLAMME (M.). — Contributions à l'étude de l'aptitude physique à l'emploi de pilote d'aviation. (*Revue de l'Armée de l'Air*, juillet 1934).
- DE FOSSEY et GARSAX. — Etude de la tension artérielle en atmosphère raréfiée (*C. R. Biol.*, mars 1921, p. 517).
- GALEOTTI. — Pression sanguine et aviation (*Giornale di Medicina militare*, janvier 1919, p. 72).
- GALEOTTI. — Le mal des aviateurs (*Ardéa*, N° 3, mars 1919).
- GARSAX. — Influence de la dépression atmosphérique sur la tension artérielle (*C. R. Soc. Biol.*, 14 juin 1919, p. 647).

- GILLEPSIE, GILSON, MORRAY. — (*Heart*, 1925).
- GRANDPIERRE (R.) et GROGNOT (P.). — Modifications circulatoires survenant chez l'homme au cours de la pratique aéronautique (*Comptes rendus du premier Congrès lorrain des Sociétés Savantes de l'Est de la France*, Nancy, 6-8 juin 1938).
- GRANDPIERRE (R.). — Les effets physiologiques du vol en avion en hautes altitudes (*L'Est Thermal et Climatique*, 12^e année, N° 1, premier trimestre 1939, janvier-mars).
- GRANDPIERRE (R.). — Modifications circulatoires survenant chez l'homme au cours de la pratique aéronautique (*Exposé de Titres et Travaux*, page 124).
- GRANDPIERRE (R.). — Modifications du réflexe solaire et du réflexe oculo-cardiaque au cours de la pratique aéronautique (*Exposé de Titres et Travaux*, page 125).
- GRANDPIERRE (R.). — Les bases physiologiques de la thermorégulation (*Revue du Service de Santé militaire* (Tome CX, IV, N° 4, avril 1939).
- GRANDPIERRE (R.). — Les troubles de la ventilation pulmonaire aux grandes altitudes (*Revue du Service de Santé Militaire*, Tome CXI, N° 2, avril 1939).
- GRENE et GILBERT. — Etudes sur la circulation en faible pression d'oxygène (*Air Médical Service*, 1^{er} août 1922, p. 31).
- GROLLMANN (A.). — (*Amer. Journ. of. Physiology*, may 1930).
- GROSSMANN. — Sur la pression sanguine en haute montagne. (*Thèse de Zurich*, 1925).
- GUILLEMARD et REGNIER. — Recherches sur les variations de la pression artérielle en haute montagne (*C. R. Soc. Biol.*, nov. 1913, p. 342.)
- HALLION et TISSOT. — Recherches expérimentales sur l'influence des variations d'altitude sur la pression artérielle (*C. R. Soc. Biol.*, 30 nov. 1901, p. 1.032).
- HALLION et TISSOT. — Les phénomènes physiques et chimiques de la respiration à différentes altitudes pendant une ascension en ballon (*C. Ac. Sciences*, 1901).
- HASSELBALCH (K.-A.) et LINDHARD. — (*Skand. Arch. of. Phys.*, 1905, 17, 431, et *Skand Arch. f. Physiol.*, 1911).
- HARTMANN. — Effets sur le comportement du pouls et de la force musculaire aux grandes altitudes (*Luftfahrtmedizin*, N° 1).

- HEGER. — Nouvelles recherches sur la physiologie aux hautes altitudes (*Premier Congrès Internat. de Navigation aérienne*, Paris, novembre 1921).
- HEGER (P.) et DE MEYER (G.). — Altitude et cœur droit (*Livre jubilaire de Ch. RICHET*, 1912, p. 171).
- HERLITZKA (A.). — Valntazmer fes, degli atleti (Bologna, Capelli, Edit., 1931).
- HERXHEIMER (H.). — Zur Grösseform und Leistungsfähigkeit des Herzens bei Sportsleuten (*Zeitschrift für klinische Medizin*, 1923, H. 1/3).
- HËNISCH et HANG. — Pression artérielle et variations de pression atmosphérique (*Münchener Mediz. Wochensch.*, 4 octobre 1929, p. 1.670).
- JOSU. — Le cœur chez les aviateurs (*Arch. de Médec. et Pharm. Milit.*, mai 1918).
- JOSUÉ. — Pression artérielle chez les aviateurs (*C. R. Soc. Biol.*, 14 juin 1919, p. 639).
- JOURDANET. — L'air raréfié dans ses rapports avec l'homme sain et l'homme malade (1862).
- JOURDANET. — Le Mexique (Paris, Baillière, 1864).
- KUSS (G.). — (*J. Phys. Patho. Gén.*, 1905, V. 7982).
- LANGUER (F.). — (*Klin. Woch.*, 1924).
- LILJESTRAND (G.). — Übersichtsreferat über die Atmung (*Jahresb. über d. ges. Phys.* 1922).
- LIPPMANN (A.). — (*Klin. Woch.*, 1926).
- LËWY (A.). — Physiologie des Höhenklimas (Berlin, Verlag J. Springer, 1932)
- LËWY (A.). — De physiologischen Wirkungen des Höhenklimas (*Erg. Physiol.*, 1925, 24, 216).
- LËWY (A.). — Respiration u. Zirkulation bei Anderung des Druckes usw. der Luft (Berlin, 1897).
- MILANO. — Valeur des réactions cardio-vasculaires chez les aviateurs (*Revue Sanit. Milit.*, Buenos-Ayres, 1921, p. 771).
- MISSIVRO. — Contribution à l'étude du vol sur les fonctions de la respiration et de la circulation (*Premier Congrès de l'aviation sanitaire*, Paris, 1929).
- MONGE (C.). — Climatophysiologie de haut plateau (*Traité de Climatologie biologique et médicale*. Tome I. Masson et C^{ie}, Editeur, Paris, 1934).
- MONGE (A.), ENCINAS, HËRAUD, HURTADO. — (*An. Fac. Med. Lima*, 1928).

- MOSSO (A.). — Der Mensch auf den Hochalpen (*Leipzig*, 1899).
- MUELLER (J.). — Die Leibesübungen (*Verlag B. G. Teubner. Leipzig und Berlin*, 1926, p. 415).
- OPITZ et TILLMANN. — Etudes expérimentales sur le comportement du système circulatoire et de l'appareil respiratoire en atmosphère raréfiée (*Luftfahrtmedizin*, N° 2).
- PLACIDI (M.). — L'aviateur de guerre. - Position générale du problème médico-physiologique en l'état actuel de nos connaissances (*Revue du Service de Santé militaire*, septembre 1937, Tome CVII, N° 3).
- PREVOST. — Modifications de l'organisme déterminées par l'aviation (*Thèse de Médecine*, Paris, 1919).
- ROYER (H.). — La vie aux altitudes - L'aviateur (*Presse Médicale*, 1939, N° 85-86, p. 1.521).
- SCHAARE Udo. — Modifications pulmonaires et cardiaques comme adaptation aux exigences des vols (*Luftfahrt Medizin*, 3, Band, 2 Heft., page 104).
- SCHENK (P.) et WISSEMAN (M.). — Der Marathonläufer. Eine sportwissenschaftliche Studie (*S. Medizinische klinische Wochenschrift für praktische Ärzte*, pp. 3, 4, 5. Verlag von Urban et Schwarzenberg, Berlin, N° 24).
- SCHENK (P.). — (*Münch med. Woch.*, 1925, N° 84, p. 2.050).
- SCHUBERT (G.). — Physiologie des Menschen im Flugzeug (*Berlin*, J. Springer, 1935).
- SCHNEIDER. — (*Air Serv. Inform. Circular*. Washington. Govern. Print. Office. May, 1927)
- SCHNEIDER. — (*Amer. Journ. Physiology*, May 1929).
- SERVICE MÉDICO-PHYSIOLOGIQUE DE L'ARMÉE DE L'AIR. — *Aide-Mémoire du Médecin de l'Armée de l'Air en temps de guerre* (Janvier 1940).
- TOURNADE (M.). — Sur les réactions cardio-vasculaires de l'Asphyxie (*Soc. Méd. Lyon*, 5 juin 1934).
- VERGARA (Herrera). — La vie sur les hauts plateaux (*Mexico*, Imp. Escalante 1889).
- VIAULT. — (*Comptes rendus Ac. Sciences*, Paris, février 1891).
- VILLEMIN (F.). — Modifications permanentes de la pression artérielle en aviation. Evolution, adaptation (*Comptes rendus de la Société de Biologie*, N° 82, Année 1919, Séance du 21 juin).

VILLEMIN (F.). — Modifications de la pression artérielle en aviation (*C. R. Soc. Biol.* 21 juin 1919, p. 703).

VILLEMIN (F.). — Les réactions cardio-vasculaires passagères et permanentes dans l'aviation, jugées par les critères d'entraînement (*C. R. Société de Biologie*, 21 juin 1919, pages 696, 699-703).

VRERMOD. — Influence de la dépression atmosphérique sur l'habitant des montagnes (*Thèse Strasbourg*, 1877).

ZUNZ, LÖEWEY, MULLER et CASPARI. — Höhenklima u. Bergwanderung (Berlin, 1906).

SERMENT

En présence des Maîtres de cette Ecole, de mes chers condisciples et devant l'effigie d'Hippocrate, je promets et je jure, au nom de l'Etre suprême, d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la Médecine. Je donnerai mes soins gratuits à l'indigent, et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail. Admis dans l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe ; ma langue taira les secrets qui me seront confiés, et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs ni à favoriser le crime. Respectueux et reconnaissant envers mes Maîtres, je rendrai à leurs enfants l'instruction que j'ai reçue de leurs pères.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses ! Que je sois couvert d'opprobre et méprisé de mes confrères si j'y manque !
